

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-84194

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>   | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所  |
|-----------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| H 0 4 R 17/00               | 3 3 2 |        | H 0 4 R 17/00 | 3 3 2 B |
| A 6 1 B 8/00                |       |        | A 6 1 B 8/00  |         |
| G 0 1 N 29/24               |       |        | G 0 1 N 29/24 |         |
| H 0 1 L 41/09               |       |        | H 0 1 L 41/08 | C       |
| 41/18                       |       |        | 41/18         | 1 0 1 A |
| 審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁) |       |        |               |         |

(21) 出願番号 特願平7-234843

(22) 出願日 平成7年(1995)9月13日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 斉藤 史郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 泉 守

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 小林 剛史

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 外川 英明

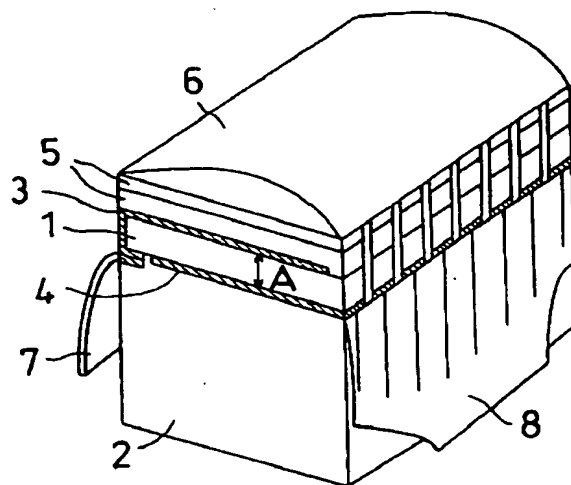
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブ

(57) 【要約】

【課題】 超音波プローブの高感度・広帯域化を達成し、性能向上を図る。

【解決手段】 固溶系圧電単結晶と前記圧電単結晶よりも音響インピーダンスが小さい樹脂から成る複合圧電体を超音波送受信素子としたことを特徴とする複合圧電体及び超音波プローブであって、圧電単結晶の電気機械結合係数が  $K_{33}/K_t \geq 1.6$  であり、充填する樹脂の音響インピーダンス  $Z_p$  が  $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  のものを用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電気機械結合係数  $K_{33}$  及び  $K_t$  との関係が  $K_{33}/K_t \geq 1.6$  である圧電単結晶と、音響インピーダンス  $Z_p$  が  $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  である樹脂との複合圧電体からなる超音波送受信素子を備えたことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】樹脂の音響インピーダンス  $Z_p$  が  $1 \times 10^6 \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  であることを特徴とする請求項 1 記載の超音波プローブ。

【請求項 3】圧電単結晶が、 $Pb[(B_1, B_2)_{1-x}Ti_x]O_3$  と表わしたとき、 $x=0.05 \sim 0.55$  で、 $B_1$  が  $Zn, Mg, Ni, Sc, In$  及び  $Yb$  の少なくとも一種、 $B_2$  が  $Nb$  及び  $Ta$  の少なくとも一種であることを特徴とする請求項 1 記載の超音波プローブ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超音波診断装置などに用いられる超音波プローブに関する。

## 【0002】

【従来の技術】超音波プローブは圧電体を主体として構成され、超音波を対象物に向けて照射し、その対象物における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信することにより、対象物の内部状態を画像化するために用いられる。このような超音波プローブが採用された超音波画像装置には、例えば、人体内部を検査するための医用診断装置および金属溶接内部の探傷を目的とする検査装置などが挙げられる。

【0003】医用診断装置においては、人体の断層像（Bモード像）に加え、心臓、肝臓、頸動脈等を対象に超音波の血流によるドプラシフトを利用して血流の速度を2次元でカラー表示することが可能な「カラーフローマッピング（CFM）法」の開発により、その診断能は飛躍的に向上した。近年このCFM法は、子宮や腎臓、脾臓など人体のあらゆる臓器、器官の診断に用いられ、今後においては、体表面に超音波プローブを接触させて例えば心臓の血管にできた血栓を診断することが可能な高感度装置を目指して研究がなされている。

【0004】Bモード像の場合は、身体的変化による小さな病変や空隙が明瞭に深部まで見ることのできる高分解能の画像が、高感度に得られることが要求されている。一方、CFM像などを得ることができるドプラモードの場合は、直径が数  $\mu\text{m}$  程度の微小な血球からの反射エコーを用いるために、前述のBモードの場合に比べて得られる信号レベルは小さいのでより高感度化が要求される。

【0005】ところで、従来、高感度化を達成するために超音波プローブ自体または装置側から様々な読みがなされている。前記Bモードに注目すると超音波送受信素子である圧電体の影響が大きい。圧電体としては電気機械結合係数が大きく、かつケーブルや装置浮遊容量分

による損失が少ないように送受信回路とのマッチングが取りやすい誘電率の大きい材料が用いられており、主としてジルコン・チタン酸鉛系圧電セラミック（PZT）が用いられている。

【0006】一方、超音波プローブは短冊状の圧電体を10～200個程度配列したアレイ型超音波プローブが主流であり、前記素子数は高分解能化の要求に伴って増加する傾向にある。しかしながら生体との接触性から超音波放射面の口径を大きくすることができないために前記素子数の増加に伴って、1素子当たりの大きさが小さくなるため送受信回路とのマッチングが取れにくくなってきている。

【0007】このようなことから、誘電率が大きい材料からなる圧電体を使用したり、米国特許第4958327号明細書には圧電体を積層構成することが開示され、ドイツ特許3729731A1にはインピーダンス変換器を使用することが開示されている。

【0008】しかしながら、前記PZT系セラミックの比誘電率が4000を越えると電気機械結合係数が小さくなる傾向にあり、感度が低下するという問題が新たに生じる。

【0009】また、積層構成では送信感度は積層数に応じて向上するが、受信感度は積層数に反比例し、適用可能な分野は振動子が通常よりも小さい場合やケーブルが長い場合など特殊用途に限られる。

【0010】またエミッタフォロワなどのインピーダンス変換器を使用すると、超音波プローブの大型化を招くと同時にインピーダンス変換器固有の周波数特性により狭帯域化を引き起こす。

【0011】その他、圧電材料としてニオブ酸リチウムなどの単結晶、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛などのセラミック、ポリフッ化ビニリデンもしくはその共重合体などの高分子材料からなる圧電体が知られている。しかし、これらの圧電体は誘電率と電気機械結合係数が小さく実用的ではない。

【0012】また、圧電体柱や圧電体粉を樹脂に埋め込んだ構成などの複合圧電体も知られている。その構造としては、特公昭54-19151、特開昭60-97800、特開昭61-53562、特開昭61-109400など、製造方法として特開昭57-45290、特開昭58-21883、特開昭60-54600、特開昭60-85699、特開昭62-122499、特開昭62-131700などに提案されている。

【0013】複合圧電体にすると音響インピーダンスが低下して生体のそれに近づくことと、1-3型や2-2型などの構成では電気機械結合係数が薄板の場合に比べて増加するというメリットがある。複合圧電体には、誘電率が大きく電気機械結合係数  $K_{33}$  も大きいPZT系圧電セラミックが主として用いられている。

【0014】しかし、現実には樹脂を含むことによる誘電

率低下に比べて電気機械結合係数の向上が小さいという問題があり、素子面積が大きいシングル型メカニカルプローブやアニュラレイなどに用いられているのみであり、主流のフェイズドアレイ、コンベックスアレイ、リニアアレイにはほとんど用いられていない。

#### 【0015】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、高感度の超音波プローブを実現するためにはジルコン・チタン酸鉛などの高誘電率圧電セラミックを用いたり、インピーダンス変換器を振動子とケーブルの間に接続する方法、また圧電体を積層構成する方法が知られているが、いずれも前述したような問題がある。

【0016】また、その他の圧電材料についても誘電率と電気機械結合係数が小さいために超音波プローブの高感度化には問題がある。また、圧電体と樹脂との複合構成では、誘電率低下に比べて電気機械結合係数の向上が小さいという問題があり、汎用超音波プローブには用いられていない。本発明は以上の点を考慮してなされたもので、より高感度な超音波プローブの提供を目的とする。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、電気機械結合係数 $K_{33}$ 及び $K_t$ との関係が $K_{33}/K_t \geq 1.6$ である圧電単結晶と、音響インピーダンス $Z_p$ が $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ である樹脂との複合圧電体からなる超音波送受信素子を備えたことを特徴とする超音波プローブである。

【0018】以下本発明に係わる超音波プローブについて図1を参照して詳細に説明する。単結晶と樹脂からなる複数の複合圧電体1は、バックリング材2上に互いに分離して接着されている。圧電体1は、図2に示すように柱状の圧電体を樹脂に埋め込んだ1-3型や、図3に示すように短冊状の圧電体を樹脂に埋め込んだ2-2型などが用いられる。

【0019】前記各々の圧電体1は図の矢印A方向に振動する。第1電極3は、前記各々の圧電体1の超音波送受信面からその側面及び前記送受信面と反対側の面の一部に亘って回し込み電極として形成されている。ただしこの第1電極3は回し込み電極でなく、A方向に垂直な面のみに形成してもよい。また第2電極4は、前記各々の圧電体1の前記送受信面と反対側の面に前記第1電極3と所望の間隔を隔ててそれぞれ形成されている。このような前記圧電体1、前記第1、第2の電極3、4により超音波送受信素子が構成される。

【0020】音響マッチング層5は、前記各々の第1の電極3を含む前記各圧電体1の超音波送受信面にそれぞれ形成されている。図では2層となっているが1層や3層以上でもよい。音響レンズ6は、前記各音響マッチング層5の全体に亘って形成されている。共通電極板7は、前記各々の第1電極3に接続されている。個別電極

となる第2の電極4からのリード引き出しはフレキシブル印刷配線板8により、はんだ付けや導電ペーストにより接続されている。

【0021】本発明者らは、 $K_{33}/K_t \geq 1.6$  ( $K_{33}$ は柱状の長さ方向の結合係数、 $K_t$ は薄板状の厚み方向の結合係数)の圧電単結晶を用いたときに、充填する樹脂の音響インピーダンスを $4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 以下とすることで、電気機械結合係数を低下させることなく複合圧電体を構成することが可能であることを見出した。従って高い電気機械結合係数を維持したまま、音響インピーダンスを生体に近づけることができる。

【0022】 $K_{33}/K_t < 1.6$ の場合は、音響インピーダンス低下と結合係数向上によるプローブ性能向上への寄与分が誘電率低下のマイナス分を上回るが、有意差である2dB以上の感度向上を満たさない。同時に $K_{33}/K_t < 1.6$ では結合係数の向上度が小さいことから、帯域の有意差である20%を越える広帯域化は達成されない。

【0023】充填樹脂の音響インピーダンスが $4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ よりも大きくなると複合構成化したときの結合係数が $K_t$ に近づき、音響インピーダンス低下のプラス分と誘電率低下のマイナス分がほぼ相殺してしまう。また、あまり音響インピーダンスが小さいと複合圧電体が機械的に低くなるため、実用上は $1 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 以上とすることが望ましい。

【0024】圧電単結晶としては少なくともチタン酸鉛を含む固溶系圧電単結晶を用いることが好ましく、例えば $\text{Pb}[\text{B}_1, \text{B}_2)_{1-x} \text{Ti}_x] \text{O}_3$ と表わしたとき、 $X=0.05 \sim 0.55$ 、 $\text{B}_1: \text{Zn}, \text{Mg}, \text{Ni}, \text{Sc}, \text{In}$ 及び $\text{Yb}$ の少なくとも一種、 $\text{B}_2: \text{Nb}$ 及び $\text{Ta}$ の少なくとも一種であることが望ましい。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を説明する。

##### 実施例1

まず、出発原料として化学的に高純度の $\text{PbO}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ を用い、これらを純度補正した後、亜鉛ニオブ酸鉛( $\text{PZN}$ )とチタン酸鉛( $\text{PT}$ )とが91:9のモル比で秤量し、さらにフラックスとして同量の $\text{PbO}$ を添加した。この粉末に純水を添加し、 $\text{ZrO}_2$ ボールが収納されたボールミルで1時間混合した。得られた混合物の水分を除去した後、ライカイ機で十分に粉碎し、さらにゴム容器に入れて2トン/cm<sup>2</sup>の圧力でラバープレスを行った。

【0026】ゴム型から取り出した固形物600gを直径50mm、容量250ccの白金容器に入れ、900℃まで4時間で昇温して溶解した。冷却後、さらに前記固形物を400g入れ、白金製の蓋で密閉し、前記容器を電気炉の中心に設置した。1260℃の温度まで5時間で昇温し、0.8℃/hrの速度で800℃まで徐冷

した後、室温まで冷却した。その後、前記白金製容器に30%濃度の硝酸を添加し、8時間煮沸して固溶系単結晶を取り出した。

【0027】得られた単結晶は矢じりの形状をなし、大きさは約20mm角であった。前記単結晶の一部を粉碎し、X線回折を行って、結晶構造を調べたところ、ペロブスカイト構造を有することが確認された。その後、前記単結晶をラウエカメラを用いて(001)軸の方位を出し、この軸に垂直にカッターで切断した。

【0028】その切断面を#2000の研磨材で厚さ500 $\mu$ mに研磨後、スパッタ法によりTi/Au電極を両面に形成した。次に、この単結晶をシリコンオイルに浸して200℃に上げた後、1kV/mmの電界を印加したまま40℃まで冷却して分極処理を施した。その後、ダイシングソーにより300 $\mu$ m角の棒状に加工したもので電気機械結合係数 $K_{33}$ を測定し、薄板の状態で $K_t$ を測定した。その結果、 $K_{33}$ が92%、 $K_t$ が55%になり、 $K_{33}/K_t = 1.67 \geq 1.6$ になった。

【0029】次に複合圧電体にするため、厚さ500 $\mu$ mの単結晶をダイシングソーで50 $\mu$ m厚のブレードにより、200 $\mu$ mピッチで深さ450 $\mu$ m(50 $\mu$ mの切り残し)の溝をアレイ状に入れた後、エポキシ樹脂の切断溝に充填して硬化させた。なお、用いたエポキシ樹脂の音響インピーダンスは、 $3 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ であった。次に、先の切断溝に対して直角に同様の切断溝を形成してエポキシ樹脂を充填し、硬化させた。その後、切り残し部を研磨して厚さが400 $\mu$ mになるようにして、両面にTi/Au電極をスパッタにより形成して複合圧電体とした。この状態で電気機械結合係数を測定したところ88%となり、極めて大きな値が得られた。

【0030】本実施例では、以上の方法で1-3型複合圧電体を作製したが、作製方法はこれに特定する必要はない。例えば、単結晶を最初からフルカットしても良いし、最初からマトリクス状にカットして、その後樹脂を充填しても良い。また、切り残し部を完全に除去しなくても良い。

【0031】以上のことは2-2型構造においても同様である。さらに、本実施例のようにエポキシ樹脂を2段階に分けて充填する場合は、その種類を変えても良い。複合圧電体を作製後、再分極処理を施しても良い。

【0032】次にこの複合圧電体を用いてアレイ型超音波プローブを試作した。まず、回し込み電極部形成のため、一方の電極をエッチングにより緑にほぼ平行に1本のスリットを入れた。次に、端部を導電ペーストにより導通をとって回し込み電極とした。本実施例では回し込み電極を作製したが、これにこだわる必要はない。

【0033】次に、電極(Ti/Au)3、4を形成した複合圧電体1にフレキシブル配線基板8と共通電極板7を導電ペーストを用いて接続し、超音波放射面側に音

響マッチング層5を形成した後、バックング材2にエポキシ樹脂で接着した。次にダイシングソーにより厚さ50 $\mu$ mのブレードで、200 $\mu$ mピッチで切断した。これに音響レンズ6を接着した。これに静電容量110pF/m、長さ2mの同軸ケーブルを前記フレキシブル配線基板8に接続してアレイプローブを試作した。なお、本実施例ではダイシングソーによりアレイ分割を行ったが、電極エッチングにより実施しても良い。

【0034】この超音波プローブについてパルスエコー法により反射エコーを測定したところ、全ての素子から2.48 $\pm$ 0.1MHz以内の中心周波数を有するエコーが受信され、-6dBの比帯域は平均で93%になった。この帯域は、従来よりも広範囲のドブラリファレンス周波数を設定できる値であった。

【0035】比較例1

ジルコン・チタン酸鉛型圧電セラミックを用いて複合圧電体を作製し、アレイ型超音波プローブを試作した。まず、 $K_{33}$ と $K_t$ を測定したところ、それぞれ75%、50%になり $K_{33}/K_t = 1.5 < 1.6$ になった。複合圧電体化においては、本実施例と同様に1-3型構成とし、切断ピッチや充填樹脂なども同一条件とした。複合圧電体の電気機械結合係数を測定したところ70%であった。

【0036】次に複合圧電体の厚さは、本実施例よりも厚く550 $\mu$ mとしてプローブを試作した。パルスエコー特性を測定したところ、中心周波数は2.52MHzとなり本実施例とほぼ同じになった。このように厚さを変えても中心周波数がほぼ同じになったのは圧電体の音速と結合係数の違いによる。また、エコー波形の波高値は、実施例1に比べて-7dB、-6dB比帯域は76%になり、実施例1が高感度でかつ広帯域特性であった。

【0037】比較例2

実施例1と同様な複合圧電体を、音響インピーダンスが $5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ の樹脂を充填することにより作製した。結合係数を測定したところ、82%になり比較例1に比べて大きくなったが実施例1よりも小さいものであった。

【0038】この複合圧電体を用いて試作したアレイ型超音波プローブのパルスエコー特性を測定したところ、エコー波形の波高値は実施例1に比べて2dB、-6dB比帯域は89%になり、実施例1よりも劣るものであった。

【0039】比較例3

実施例1と同じ圧電単結晶を用いて、複合化せずにアレイ型超音波プローブを試作した。パルスエコー特性を測定したところ、エコー波形の波高値が実施例1に比べて-4dB、-6dB比帯域は85%になり、比較例1よりも良かったが実施例1、比較例2よりも劣った。

【0040】以上圧電単結晶は、亜鉛ニオブ酸鉛とチタ

ン酸鉛の固溶系についての実施例や比較例を示したが、Znの代わりにMg, Ni, Sc, In, Ybの少なくとも一部を用いた場合、またNbを一部Taで置換したもので同様の結果が得られる。

【0041】なお、前記実施例では圧電単結晶をフラックス法により育成したが、ブリッジマン法やキロブローソ法（熔融引き上げ法）、ゾーンメルティング法、水熱育成法などで作製してもよい。

【0042】前記実施例では、電極をスパッタ法により形成したが、銀焼き付け法や蒸着法を用いてもよい。また、電極材料もTi/Auに代えて、Ni/AuやCr/Auなどの所定の導電率と密着強度を有するものであれば制限されない。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば圧電単結晶の電気機械結合係数が $K_{33}/K_t \geq 1.6$ で、樹脂の音響インピーダンス $Z_p$ が $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ にした複合圧電体を超音波放送受信素子とした超音波プローブを構成することにより、感度向上を達成することが可能になる。さらに広帯域特性を得ることが

でき、広範囲のドブラリファレンス周波数を設定することができるので医用診断装置などの診断能向上に顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る超音波プローブの構成を示す斜視図。

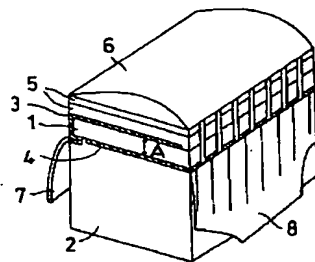
【図2】 本発明に係る複合圧電体の構造を示す斜視図。

【図3】 本発明に係る複合圧電体の別の構造を示す斜視図。

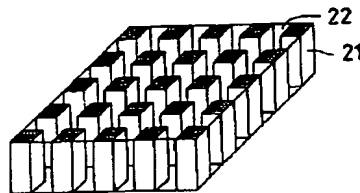
【符号の説明】

- 1…圧電体
- 2…バックング材
- 3, 4…第1, 2の電極
- 5…音響マッチング層
- 6…音響レンズ
- 7…アース板（共通電極板）
- 8…フレキシブル配線基板
- 21…圧電体
- 22…樹脂

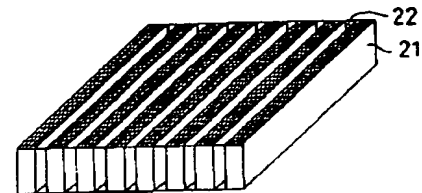
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 河内 勝  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 嶋貫 専治  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 山下 洋八  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社東芝柳町工場内

**Patent/ public disclosure document**

**1997084194**

[Abstract(made by the applicant)] [Claims] [Detail Description] [Drawing Description]

**PATOLIS will not assume the accuracy or the reliability of the translation provided automatically by computer and will not be responsible for any errors, omissions or ambiguities in the translations and any damages caused by the use of the translation.**

(57)

## [ABSTRACT]

## [PROBLEM TO BE SOLVED]

High-sensitivity / *hirometaikika* of ultrasound probe is achieved, performance enhancement is planned.

## [SOLUTION]

It is compound piezoelectric material including acoustic impedance having done compound piezoelectric material comprising of small resin with ultra audible sound transmit and receive Motoko than  $k_{33}$  stem piezo monocrystal and the piezo monocrystal and ultrasound probe, and an electric mechanical coupling coefficient of piezo monocrystal is  $k_{33}/K_t \geq 1.6$ , and acoustic impedance  $Z_p$  of the resin which is filled uses a thing of  $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ .

## [WHAT IS CLAIMED IS:]

## [Claim 1]

Ultrasound probe; comprising: The piezo monocrystal that electric mechanical coupling coefficient  $k_{33}$  and a relationship with  $k_t$  are  $k_{33}/K_t \geq 1.6$ , An ultra audible sound transmit and receive element comprising of compound piezoelectric material with the resin that acoustic impedance  $Z_p$  is  $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ .

## [Claim 2]

Ultrasound probe; according to claim 1 wherein; Resinous acoustic impedance  $Z_p$   $1 \times 10^6 \leq Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ .

## [Claim 3]

Ultrasound probe; according to claim 1 wherein; When piezo monocrystal expressed with  $\text{Pb}(\text{B}_1, \text{B}_2)_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ , with  $x=0.05-0.55$ ,  $\text{B}_1$ , of Zn, Mg, Ni, Sc, In and Yb, at a minimum,, kind,  $\text{B}_2$ , of Nb and Ta, at a minimum, it is a kind.

## [DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

## [TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION]

The present invention relates to ultrasound probe used by ultrasound diagnostic devices.

[0002]

## [PRIOR ART]

As for the ultrasound probe, is composed piezoelectric material as an entity, ultra audible sound is turned to an object, and it is irradiated, is used by receiving a reflected wave from different interface of acoustic impedance in the object to make an internal state of an object pictorial image. For example, in the ultra audible sound image device that such an ultrasound probe is adopted, medical service diagnosis equipment to inspect the human organism inside and test equipment for the purpose of metal welding internal flaw detection are given.

[0003]

In medical service diagnosis equipment, the diagnosis ability improved velocity after the fashion of blood by development of "the collar flow mapping (CFM) law" that could display a collar with 2 dimensions using terrible pula shift by bloodstream of ultra audible sound for a heart, a liver, a carotid



as well as coaxial tomography of human organism (B transmission mode image) by leaps and bounds. In late years this CFM method is used by every internal organs, organic diagnoses of human organism such as the womb and a kidney, pancreas, the high-sensitivity equipment which can diagnose the blood clot which it makes ultrasound probe touch surface of a body face, and, by way of example only, it was possible for to a blood vessel of a heart is aimed at, and, in the future, investigation does.

[0004]

In that case of B transmission mode image, pictorial image of the high resolution that a small mental change caused by a disease and air gap by alteration of body can watch distinctly to a deep part being got by high-sensitivity is called for. On the other hand, As for the signal level it is compared in the case of the above-mentioned B transmission mode, and to be provided, *kokandoka* is called for in what is small more to use a return echo from minute blood corpuscle of number of the diameter  $\mu\text{m}$  degree in that case of the terrible pula transmission mode that can get CFM image.

[0005]

In a place, Various phonetic symbols are considered to be from ultrasound probe in itself or equipment side to achieve *kokandoka* conventionally. Affect of the piezoelectric material which is an ultra audible sound transmit and receive element when the B transmission mode is looked at is big. An electric mechanical coupling coefficient increases for piezoelectric material and there seems to be a little loss by cable and equipment floating capacitance minute, and big material of the dielectric constant which matching with transmitter-receiver circuit is easy to be taken as is used, a zircon titan acid lead stem piezoelectric ceramic (PZT) is used as a master.

[0006]

On the other hand, The array type ultrasound probe that the ultrasound probe arranged strip of paper-shaped piezoelectric material around 10-200 is main flow, and the component count tends to increase with a request of *kofunkainoka*. However, Matching with transmitter-receiver circuit is hard to become produce from contact characteristics with the living body with incrementation of the component count not to be able to increase an aperture of acoustic emission side so that dimension per one element becomes small.

[0007]

In such *no*, dielectric constant employs piezoelectric material comprising of big material, and that laminating composes piezoelectric material is disclosed in U.S. Patent No. 4958327 description, that impedance conversion device is employed to German patent 3729731A 1 is disclosed.

[0008]

However, When relative permittivity of ceramic pro-PZT exceeds 4000, an electric mechanical coupling coefficient becomes small, it shows a tendency, issue to fall sensitivity produces newly.

[0009]

In addition, Transmission sensitivity accepts the number of the laminating by laminating framing, and it improves, but, receiver sensitivity is inversely proportional to laminating number, a vibrator usually depends on the field which can be applied to, and cases to have a long small case and cable are limited to application specially.

[0010]

In addition, At the same time when impedance conversion device of emitter follower is employed, to cause jumboization of ultrasound probe, *sataiikika* is caused by frequency characteristics characteristic OF an impedance conversion caliber.

[0011]

In addition, Piezoelectric material comprising of polymeric materials of the interpolymer is conventional and known in the art. However, Dielectric constant and an electric mechanical coupling coefficient are small, and these piezoelectric material is not practical.

[0012]

In addition, Compound piezoelectric material of the framing that buried piezoelectric material pillar and piezoelectric material powder in resin is known. For the configuration, it is proposed to Japanese Patent Laid-Open No. 57-45290, Japanese Patent Laid-Open No. 58-21883, Japanese Patent Laid-Open No.

60-54600, Japanese Patent Laid-Open No. 60-85699, Japanese Patent Laid-Open No. 62-122499, Japanese Patent Laid-Open No. 62-131700 as production method such as Japanese Patent Publication No. 54-19151, Japanese Patent Laid-Open No. 60-97800, Japanese Patent Laid-Open No. 61-53562, Japanese Patent Laid-Open No. 61-109400.

[0013]

There is merit an electric mechanical coupling coefficient compares with then acoustic impedance falls, and approaching it of the living body in compound piezoelectric material in the case of sheet metal by framing such as 1-3 mold or 2-2 mold, and to increase. Dielectric constant is big, and, in compound piezoelectric material, the PZT system piezoelectric ceramic that electric mechanical coupling coefficient  $k_{33}$  is big is used as a master.

[0014]

However, As for the reality, there is issue that enhancement of an electric mechanical coupling coefficient is small in comparison with dielectric constant degradation by a thing including resin, element acreage is used by big single mold mechanical probe or *anyurarei*, and is not used most in phased array of main flow, *konbakkusuare*, linear array.

[0015]

#### [PROBLEM TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

Like greater or equal, By means of a high dielectric constant piezoelectric ceramic of zircon titanic acid lead, method the method which connects impedance conversion device to an oscillator between cable and piezoelectric material are laminated, and to compose is known to realize ultrasound probe of high-sensitivity, but, there is the issue which seems to have mentioned above both.

[0016]

In addition, There is a problem in *kokandoka* of ultrasound probe about other piezoelectric material so that dielectric constant and an electric mechanical coupling coefficient are small. In addition, By compound framing with piezoelectric material and resin, it is compared with dielectric constant degradation, and there is issue that enhancement of an electric mechanical coupling coefficient is small, is not used in general purpose ultrasound probe. The present invention is directed to an offer of the ultrasound probe which is high-sensitivity more with a thing done in consideration of the above-mentioned period.

[0017]

#### [MEANS TO SOLVE THE PROBLEM]

Piezo monocrystal that electric mechanical coupling coefficient  $k_{33}$  extends to the present invention, and a relationship with  $k_t$  is  $k_{33} / k_t \geq 1.6$  and acoustic impedance  $Z_p$  are ultrasound probe including a thing comprising an ultra audible sound transmit and receive element comprising of compound piezoelectric material with the resin which is  $Z_p \leq 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ .

[0018]

Ultrasound probe concerning the present invention is explained referring to FIG. 1 in detail as follows. Plural compound piezoelectric material 1 comprising of monocrystal and resin divides on backing material 2 each other, and it is bonded. As for piezoelectric material 1, 2-2 mold which buried strip of paper-shaped piezoelectric material in resin as shown in 1-3 type and FIG. 3 that buried piezoelectric material of pillar shape in resin as shown in FIG. 2 is used.

[0019]

Each piezoelectric material 1 oscillates in arrow A orientation of figure. The first electrode 3 lasts for part of the flank and the transmit and receive face and face of the other side from ultra audible sound transmit and receive surface of each piezoelectric material 1, and it is turned, and it is crowded, and it is formed as electrode. But, It is turned, and it is crowded, and this the first electrode 3 may form only in the face which is perpendicularity in A orientation rather than electrode. In addition, The first electrode 3 and desired spacing are separated, and, as for the second electrode 4, it is formed each by the transmit

and receive side and face of the other side of each piezoelectric material 1. An ultra audible sound transmit and receive element is configured by such piezoelectric material 1, above the first, the second electrode 3,4.

[0020]

As for sound matching layer 5, it is formed each by ultra audible sound transmit and receive face of each piezoelectric material 1 including each the first electrode 3. Two levels are become in figure, but, even more than one level and three levels are preferable. Acoustic lens 6 is formed over the whole of each sound matching layer 5. Common electrode board 7 is connected to each the first electrode 3. A lead of helix drawer from the second electrode 4 becoming individual electrode is connected with flexible printed wire board 8 by soldering and electrical conduction paste.

[0021]

The scholars of present invention found what could compose compound piezoelectric material without decreasing an electric mechanical coupling coefficient by doing acoustic impedance  $4 \times 10$  of the resin which was filled at time with the use of piezo monocrystal of  $k_{33}/K_t \geq 1.6$  (coupling coefficient of thickness direction light-gage sheet-shaped  $k_{33}$  coupling coefficient of length of pillar shape,  $k_t$ ) with lower than  $6 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ . Therefore, Acoustic impedance can be brought close to the living body with having maintained a high electric mechanical coupling coefficient.

[0022]

In that case of  $k_{33}/K_t < 1.6$ , property as a share of an inheritance to probe performance enhancement by acoustic impedance degradation and coupling coefficient enhancement exceeds minus minute of dielectric constant degradation, but, sensitivity enhancement of the 2dB greater or equal which is significant difference is not satisfied. *hirometaikika* going over 20% that are significant difference of band is not achieved with  $k_{33}/K_t < 1.6$  at the same time by enhancement degree of coupling coefficient being small.

[0023]

If acoustic impedance  $4 \times 10$  of charging resin become bigger than  $6 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ , an acquaintance, plus minute of acoustic impedance degradation and minus minute of dielectric constant degradation approximately offset in  $k_t$  compound framing coupling coefficient when it was become. In addition,

What practical use top  $1 \times 10$  do more than  $6 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  is desirable so that compound piezoelectric material goes low automatically if much acoustic impedance is small.

[0024]

When preferred, by way of example only, it expressed with Pb

$[\text{B}_1, \text{B}_2]_{1-x} \text{Ti}_x \text{O}_3$  to use  $ko^*$  system piezo monocrystal including titanate acid lead for piezo monocrystal at least, it is  $X = 0.05-0.55$ ,  $\text{B}_1$ : Zn, Mg, Ni, Sc, In and at least one kind of Yb,  $\text{B}_2$ : It is Nb and at least one kind of Ta. This situation is desirable.

[0025]

#### [MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION]

As follows, Embodiment of the present invention is explained. At first example 1 uses  $\text{PbO}$  of high purity,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$  as departure charge stock chemically, after purity compensated these, spelter niobium acid lead (PZN) and titanate acid lead (PT) are 91:00 Weighing capacity is done in nine mole ratio,  $\text{PbO}$  of the same amount was doped as flux more. Conductivity water is added in this powder, it was mixed with the ball mill which  $\text{ZrO}_2$  ball was put away in for one hour. After having removed moisture content of provided compost, it powders by rye chi airplane enough, even more particularly, it was put in caoutchouc container, and rubber was pressed in pressure of  $2 \text{ t/cm}^2$ .

[0026]

Solid matter 600g taken out from caoutchouc type are put in a diameter of 50mm, platina container of

capacity 250cc, it rose to 900 degrees Celsius in four hours, and it was dissolved. After cooling, 400g are paid for the more solid matter, platina is glued in cap made, the container was installed in center of an electric furnace. It raises temperature to temperature of 1260 degrees Celsius in five hours, after having done annealing to 800 degrees Celsius at the rate of 0.8 degrees Celsius /hr, it cooled off to room temperature. Afterwards, Nitric acid of 30% density is added in container made by the platina, it was boiled for eight hours, and *ko\** stem monocrystal was taken out.

[0027]

Provided monocrystal does configuration of an arrowhead, about 20mm dimension was squares. Part of the monocrystal is crushed, a thing having *perobusukaito* configuration is ensured when X-ray diffraction is done, and crystal structure is examined. Afterwards, *rauekamera* was used in the monocrystal, and <001> axial azimuth was cut with a cutting head in perpendicularity in soup stock, this shaft.

[0028]

It was abrasive material of # 2000 in the cut surface, and Ti/Au electrode was formed in double sided by sputter method after lapping in 500 die thickness  $\mu\text{m}$ . Next, After this single crystal was dipped into silicone oil, and having put up to 200 degrees Celsius, it was cooled to 40 degrees Celsius that applied electric field of 1kV/mm, and polarization attention was put. Afterwards, Electric mechanical coupling coefficient  $k_{33}$  is measured with a machined thing in the shape of a stick of 300  $\mu\text{m}$  angle by dicing saw,  $k_t$  was measured in condition of sheet metal. As a result, 92%,  $k_t$  become 55%  $k_{33}$ ,  $k_{33}/K_t = 1.67 \rightarrow 1.6$  were become.

[0029]

Next, After it was dicing saw in monocrystal of 500 die thickness  $\mu\text{m}$ , and having put bezel of 450 deep  $\mu\text{m}$  (a limit of 50  $\mu\text{m}$  is left) to the letter of an array with 200  $\mu\text{m}$  die center distance by blade of 50  $\mu\text{m}$  *atsu* to make compound piezoelectric material, it was filled with disconnecting bezel of epoxy resin, and it was rigidified. In addition, Acoustic impedance  $3 \times 10^6$  of used epoxy resin were <sup>six</sup>  $\text{kg}/\text{m}^2 \text{ s}$ . Next, Similar disconnecting bezel is formed, and epoxy resin is filled with a right angle as against former disconnecting bezel, it was rigidified. Afterwards, It was drained off, and it was had, and department was ground, and it was in  $\mu\text{m}$ , and Ti/Au electrode was formed by sputter in double sided, and die thickness 400 did with compound piezoelectric material. In this state, 88% or extremely big value were provided when an electric mechanical coupling coefficient was measured.

[0030]

In accordance with exemplary embodiments, 1-3 type compound piezoelectric material was made in the above-mentioned method, but, it is not had to specify manufacture method in this. By way of example only, Monocrystal, from a beginning, full, it may be cut, and it is cut in the shape of a matrix from a beginning, and resin may be filled afterwards. In addition, It is drained off, and it is had, and department needs not to be completely removed.

[0031]

It is similar in type structure with greater or equal 2-2. Even more particularly, When epoxy resin is divided into two phases as in the preferred embodiment and is filled, the class may be changed. Repolarization attention may be given after manufacture in compound piezoelectric material.

[0032]

Next, Array type ultrasound probe was produced experimentally by means of this compound piezoelectric material. At first, It was turned, and it was crowded, and, for electrode part formation, one slit was approximately put in parallel in green by etch in one electrode. Next, Continuity was taken by electrical conduction paste, and it was turned, and it was crowded, and an end was done with electrode. In accordance with exemplary embodiments, it was turned, and it was crowded, and electrode was made, but, it is not necessary to be particular about this.

[0033]

Next, Electrical conduction paste is used, and flexible wiring board 8 and common electrode board 7 are connected to compound piezoelectric material 1 which formed electrode (Ti/Au) 3,4, after having

formed sound matching bed 5 in acoustic emission face side, it was bonded to backing material 2 with epoxy resin. Next, It was cut with 200  $\mu\text{m}$  die center distance in blade of 50 die thickness  $\mu\text{m}$  by dicing saw. Acoustic lens 6 was bonded to this. Capacity 110pF/m, a coaxial cable of 2m long were connected to flexible wiring board 8 in this, and an array probe was produced experimentally. In addition, In accordance with exemplary embodiments, array splitting was done by dicing saw, but, it may be carried out by electrode etch.

[0034]

An echo having center frequency of 2.48 MHz less than 0.1MHz is received by all elements when a return echo is measured by pulse-echo method about this ultrasound probe, as for the ratio band of -6dB, it was to 93% with a mean. This band was the value which could set wide terrible pulse reference frequency conventionally.

[0035]

Compound piezoelectric material is made by means of one comparative example zircon titanate lead type piezoelectric ceramic, array mold ultrasound probe was produced experimentally. At first, 75%, 50% were become respectively, and  $k_{33}/K_t = 1.5 < 1.6$  was become when  $k_{33}$  and  $K_t$  were measured. In compound *oshidentaika*, it is sentenced to 1-3 type framing same as the present embodiment, disconnecting die center distance or charging resin did with equivalence condition, too. It was 70% when an electric mechanical coupling coefficient of compound piezoelectric material was measured.

[0036]

Next, The die thickness of compound piezoelectric material produced a probe experimentally as 550  $\mu\text{m}$  thicker than the present embodiment. The center frequency became approximately the same as 2.52MHz or the present embodiment when a pulse-echo characteristic was measured. As thus described die thickness is changed, and it depends on acoustic velocity of piezoelectric material and a difference of coupling coefficient that center frequency became approximately the same. In addition, As for the crest value of an echo waveform, -7dB, -6dB ratio band become 76% in comparison with example 1, example 1 was with high-sensitivity and a broad band characteristic.

[0037]

Because resin of  $6 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  was filled with acoustic impedance  $5 \times 10$ , compound piezoelectric material same as two comparative example example 1 was made. 82% were become and became big in comparison with comparative example 1 when coupling coefficient was measured, but, it is smaller than example 1.

[0038]

Crest value of an echo waveform is compared with example 1, and, as for -2dB, the -6dB ratio band, it is to 89% when a pulse-echo characteristic of array type ultrasound probe produced experimentally by means of this compound piezoelectric material is measured, it is inferior to example 1.

[0039]

By means of piezo monocrystal the same as three comparative example example 1, array mold ultrasound probe was produced experimentally without becoming a compound. Crest value of an echo waveform compares with example 1, and, as for -4dB, the -6dB ratio band, it is to 85% when a pulse-echo characteristic is measured, it was more preferable than comparative example 1, but, it was inferior to example 1, comparative example 2.

[0040]

The piezo single crystal showed embodiment on a  $\text{ko}^*$  stem of spelter niobium acid lead and titanate acid lead and a comparative example as things mentioned above, but, the result which is similar with Mg, Ni, Sc, In, the thing which, at a minimum, was substituted for case with the use of part and Nb in part Ta of Yb is provided instead of Zn.

[0041]

In addition, Piezo single crystal was brought up by flux method in the embodiment, but, it may be made by the Bridgman method and *kiropuros* method (fusion Czochralski method), *zonneruteingu* method, aqua heat upbringing method.

[0042]

In the embodiment, electrode was formed by sputter method, but, silver is printed, and law and evaporation method may be used. In addition, If electrode material charges are things having predetermined conductivity and cohesion coke strength such as Ni/Au or Cr/Au replacing with Ti/Au, is not limited.

[0043]

#### [EFFECT OF THE INVENTION]

As discussed above, According to the current invention, an electric mechanical coupling coefficient of piezo monocrystal is  $k_{33}/K_t \uparrow 1.6$ , and sensitivity enhancement gets possible to be achieved by composing the ultrasound probe which did the compound piezoelectric material which acoustic impedance  $Z_p$  of resin made  $Z_p \approx 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$  with ultra audible sound broadcast reception Motoko. Even more particularly, a broad band characteristic can be got, prominent effect is played for diagnosis ability enhancement of medical service diagnosis equipment in what can set wide terrible pula reference frequency.

---

#### [BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS]

[FIG. 1]

It is a perspective diagram showing framing of ultrasound probe concerning the present invention.

[FIG. 2]

It is a perspective diagram showing configuration of compound piezoelectric material concerning the present invention.

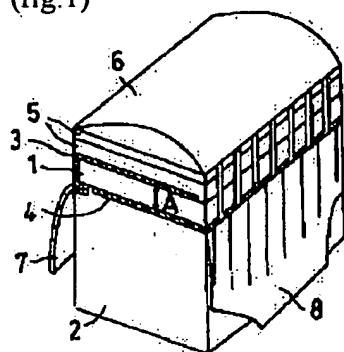
[FIG. 3]

It is a perspective diagram showing configuration according to a *thing* of compound piezoelectric material concerning the present invention.

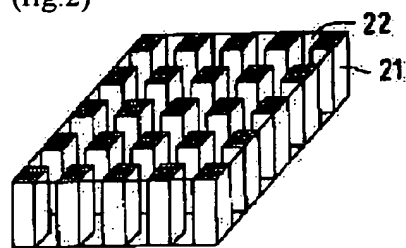
#### [DENOTATION OF REFERENCE NUMERALS]

One ... piezoelectric material Two ... backing material Electrode of one or two 3,4 ... Five ... sound matching layer Six ... acoustic lenses Seven ... earth plate (common electrode board) Eight ... flexible wiring board 21 ... piezoelectric material 22 ... resin

(fig.1)



(fig.2)



(fig.3)

